

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 16 FEB 2004	
WIPO	PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 28 234.3

Anmeldetag: 24. Juni 2003

Anmelder/Inhaber: Koenig & Bauer Aktiengesellschaft,
97080 Würzburg/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Temperierung, Regeleinrichtung
sowie Vorrichtung zur Temperierung

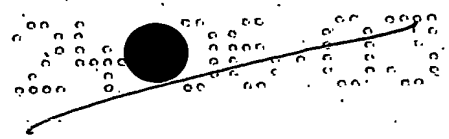
Priorität: 17. Dezember 2002 DE 102 58 927.5

IPC: G 05 D, B 41 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Faust



3

1

Zusammenfassung

Bei einem Verfahren zur Temperierung eines Bauteiles einer Maschine mittels einer Regeleinrichtung wird jeweils ein Messwert einer Temperatur an zwei auf einer Regelstrecke angeordneten, voneinander beabstandeten Messstellen ermittelt. Jeweils einer der Messwerte wird zwei kaskadenartig miteinander verbundenen Regelkreisen der Regeleinrichtung zugeführt.

Beschreibung

Verfahren zur Temperierung, Regeleinrichtung sowie Vorrichtung zur Temperierung

Die Erfindung betrifft Verfahren zur Temperierung, eine Regeleinrichtung sowie eine Vorrichtung zur Temperierung gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1, 4, 18 bzw. 28.

Durch die DE 44 29 520 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Temperierung eines Bauteiles in einer Druckmaschine bekannt, wobei das Bauteil über ein zumindest teilweise umlaufendes Fluid temperiert wird. Ein Stellglied, mittels welchem ein Mischungsverhältnis an einer Einspeisestelle zweier Fluidströme verschiedener Temperatur einstellbar ist, wird über eine zwischen der Einspeisestelle und dem Bauteil angeordnete Temperaturmessstelle gesteuert.

Die EP 0 886 577 B1 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Temperierung eines Bauteils, wobei eine Bauteiltemperatur mittels Sensoren überwacht und der Messwert an eine Steuereinheit gegeben wird. Weicht die am Bauteil gemessene Temperatur von einem Sollwert ab, so senkt bzw. erhöht die Steuereinheit die Temperatur eines Kühlmittels in einer Kühleinheit um einen bestimmten Betrag, wartet einen Zeitraum ab und wiederholt die Messung und die genannten Schritte bis der Sollwert wieder erreicht ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Temperierung, eine Regeleinrichtung sowie eine Vorrichtung zur Temperierung zu schaffen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der Ansprüche 1, 4, 18 bzw. 28 gelöst.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, dass die

Regelung auch bei vorliegen größerer Transportstrecken für das Temperiermedium sehr schnell und stabil arbeitet. Die kurze Reaktionszeit ermöglicht den Einsatz in Anwendungen und Prozessen mit hohen dynamischen Anteilen. So ist die vorliegende Temperierung auch dort von großem Vorteil, wo schnelle Änderungen in einem Temperatursollwert nachvollzogen werden müssen und/oder wo sich äußere Bedingungen, wie z. B. Energieeintrag durch Reibung oder Außentemperatur, sehr schnell ändern.

Die schnelle Regelung trotz ggf. langer Transportwege für das Fluid wird einerseits dadurch erreicht, dass einem die Temperatur am Bauteil überwachenden Regelkreis weitere, insbesondere zwei Regelkreise, unterlagert sind. Auch kann in einer vereinfachten Ausführung die direkte Ermittlung der Temperatur des Bauteils unterbleiben und ein die Temperatur am Eintritt in das Bauteil überwachender Regelkreis durch einen weiteren Regelkreis unterlagert werden. Die Regelstrecke vom Ort der Aufbereitung des Temperiermediums (Mischen, Heizen, Kühlen) bis zum Zielort, z. B. dem Bauteil selbst oder dem Eintritt in das Bauteil, ist somit in mehrere Teilstrecken und –laufzeiten unterteilt.

Von großem Vorteil ist hierbei, dass ein innerster Regelkreis die Temperiermitteltemperatur bei der Aufbereitung (Mischen, Heizen, Kühlen) bereits äußerst ortsnahe überwacht und regelt, so dass ein ggf. bei der Aufbereitung auftretender Fehler bereits am Anfang der Transportstrecke detektiert und ausgegeregelt wird, und nicht erst bei Erreichen des Bauteils festgestellt und eine Maßnahme getroffen wird.

Von besonderem Vorteil sind Ausführungen, bei denen eine Vorsteuerung bzgl. des Wärmeflusses (Verluste), bzgl. der Laufzeiten und/oder bzgl. der Maschinendrehzahl erfolgt. Eine weitere Beschleunigung des Regelprozesses ist durch Vorsteuerung bzgl. einer Amplitudenüberhöhung und/oder im Hinblick auf das Einbeziehen der Rücklauftemperatur zu erreichen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung der Temperierstrecke mit erstem Ausführungsbeispiel für die Regeleinrichtung bzw. den Regelprozess;
- Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel für die Regeleinrichtung bzw. den Regelprozess;
- Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel für die Regeleinrichtung bzw. den Regelprozess;
- Fig. 4 ein viertes Ausführungsbeispiel für die Regeleinrichtung bzw. den Regelprozess;
- Fig. 5 eine Weiterbildung der Ausführung gemäß Fig. 1 bis 4 den inneren Regelkreis betreffend;
- Fig. 6 eine Weiterbildung der Ausführung gemäß Fig. 1 bis 4 den äußeren Regelkreis betreffend;
- Fig. 7 eine schematische Darstellung eines laufzeitbasierten Reglers;
- Fig. 8 einen detaillierteren Ausschnitt der in Fig. 1 dargestellten Temperierstrecke;
- Fig. 9 ein erstes Ausführungsbeispiel für eine Verwirbelungskammer;
- Fig. 10 ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Verwirbelungskammer;

Fig. 11 ein drittes Ausführungsbeispiel für eine Verwirbelungskammer.

Ein Bauteil 01 einer Maschine, z. B. einer Druckmaschine, soll temperiert werden. Das Bauteil 01 der Druckmaschine ist z. B. Teil eines nicht dargestellten Druckwerkes, insbesondere eine farbführende Walze 01 eines Druckwerkes. Diese Walze 01 kann als Walze 01 eines Farbwerkes, z. B. als Rasterwalze 01, oder als Zylinder 01 des Druckwerkes, z. B. als Formzylinder 01, ausgeführt sein. Besonders vorteilhaft ist die nachfolgend beschriebene Einrichtung und das Verfahren zur Temperierung zusammen mit einem Druckwerk für den wasserlosen Offsetdruck, d. h. einem Druckwerk ohne den Einsatz von Feuchtmittel, einsetzbar. Im Druckwerk, insbesondere einem Druckwerk für den wasserlosen Offsetdruck, ist die Qualität in der Farbübertragung äußerst stark abhängig von der Temperatur der Farbe und/oder der farbführenden Oberflächen (z. B. Mantelfläche von Walzen 01 oder Zylindern 01). Darüber hinaus ist die Qualität in der Farbübertragung auch noch empfindlich gegenüber einer Spaltgeschwindigkeit, also der Maschinendrehzahl.

Die Temperierung erfolgt über ein Temperiermedium, insbesondere ein Fluid wie z. B. Wasser, welches über eine Temperierstrecke 02 mit dem Bauteil 01 in thermische Wechselwirkung gebracht wird. Soll das Bauteil 01 mit dem Fluid angeströmt werden, so kann das Fluid auch ein Gas oder Gasgemisch, wie z. B. Luft sein. Zur Temperierung wird dem Bauteil 01 in einem ersten Kreislauf 03 das Fluid zugeführt, durchströmt oder umströmt das Bauteil 01, nimmt Wärme auf (kühlen) oder gibt Wärme ab (heizen) und strömt entsprechend erwärmt oder abgekühlt wieder zurück. In diesem ersten Kreislauf 03 kann ein Heiz- oder Kühlaggregat angeordnet sein, welches zur Herstellung der gewünschten Fluidtemperatur dienen kann.

In der vorteilhaften Ausgestaltung nach Fig. 1 steht der erste Kreislauf 03 jedoch als Sekundärkreislauf 03 in Verbindung zu einem zweiten Kreislauf 04, einem Primärkreislauf 04, in welchem das Fluid mit einer definierten und weitgehend konstanten Temperatur T_v ,

z. B. Vorlauftemperatur T_v , umläuft. Eine Temperiereinrichtung, z. B. ein Thermostat, ein Heiz- und/oder Kühlaggregat etc., welches für die Vorlauftemperatur T_v sorgt, ist hier nicht dargestellt. Über eine Verbindung 05 zwischen Primär- und Sekundärkreislauf 03; 04 kann an einer ersten Verbindungsstelle 06 des Primärkreislaufes 04 über ein Stellglied 07, z. B. ein steuerbares Ventil 07, Fluid aus dem Primärkreislauf 04 entnommen und dem Sekundärkreislauf 03 zudosiert werden. An einer zweiten Verbindungsstelle 08 wird, je nach Zufuhr neuen Fluids an der Verbindungsstelle 06, Fluid vom Sekundärkreislauf 03 an einer Verbindungsstelle 10 über eine Verbindung 15 in den Primärkreislauf 04 zurückgegeben. Hierzu befindet sich beispielsweise das Fluid im Bereich der ersten Verbindungsstelle 06 auf einem höheren Druckniveau als im Bereich der zweiten Verbindungsstelle 08. Eine Differenz Δp im Druckniveau wird z. B. durch ein entsprechende Ventil 09 zwischen den Verbindungsstellen 06; 08 erzeugt.

Das Fluid, bzw. ein Großteil des Fluids, wird durch einen Antrieb 11, beispielsweise durch eine Pumpe 11, eine Turbine 11 oder in sonstiger Weise, auf einer Zuflussstrecke 12, durch das Bauteil 01, einer Rückflussstrecke 13 und einer Teilstrecke 14 zwischen Zufluss- und Rückflussstrecke 12; 13 im Sekundärkreislauf 03 zirkuliert. Je nach Zufuhr über das Ventil 07 fließt nach Durchlaufen des Bauteils 01 eine entsprechende Menge Fluid über die Verbindung 15 in den Primärkreislauf 04 ab bzw. eine entsprechend verminderte Menge Fluids durch die Teilstrecke 14. Der über die Teilstrecke 14 zurückfließende Teil und der frisch über das Ventil 07 an einer Einspeis- bzw. Einspritzstelle 16 zugeführte Teil vermischen sich und bilden nun das zur Temperierung gezielt temperierte Fluid. Zur Verbesserung der Durchmischung ist in vorteilhafter Ausführung möglichst direkt hinter der Einspritzstelle 16, insbesondere zwischen der Einspritzstelle 16 und der Pumpe 11, eine Verwirbelungsstrecke 17, insbesondere eine Verwirbelungskammer 17, angeordnet.

Im o. g. Fall, dass nicht mittels eines Primärkreislaufs 04, sondern mittels eines Heiz- oder Kühlaggregates temperiert wird, entspricht die Einspeis- bzw. Einspritzstelle 16 dem Ort

des Energieaustausches mit dem betreffenden Heiz- oder Kühlaggregat und das Stellglied 07 beispielsweise einer dem Heiz- oder Kühlaggregat zugeordneten Leistungssteuerung o. ä. Die Verbindungsstelle 10 im Kreislauf 03 entfällt, da das Fluid insgesamt im Kreislauf 03 zirkuliert und an der Einspeisestelle 16 Energie zu- oder abgeführt bzw. Wärme oder Kälte „eingespeist“ wird. Das Heiz- oder Kühlaggregat entspricht hierbei z.B. dem Stellglied 07.

Durch die Temperierung soll letztlich eine bestimmte Temperatur θ_3 des Bauteils 01, insbesondere im Fall einer Walze 01 die Oberflächentemperatur θ_3 auf der Walze 01 auf einen bestimmten Sollwert $\theta_{3,\text{soll}}$ eingestellt bzw. gehalten werden. Dies erfolgt durch Messung einer aussagekräftigen Temperatur einerseits und ein Regeln der Zufuhr an Fluid aus dem Primär- 04 in den Sekundärkreislauf 03 zur Erzeugung einer entsprechenden Mischtemperatur andererseits.

Wesentlich ist es nun, dass in der vorliegenden Vorrichtung bzw. im vorliegenden Verfahren zwischen der Einspritzstelle 16 und einem Austritt des zu temperierenden Bauteils 01 mindestens zwei Messstellen M1; M2; M3 mit Sensoren S1; S2; S3 vorgesehen sind, wobei eine der Messstellen M1 nahe der Einspritzstelle 16 und mindestens eine der Messstellen M2; M3 im Bereich des bauteilnahen Endes der Zuflussstrecke 12 und/oder im Bereich des Bauteils 01 selbst angeordnet ist. Das Ventil 07, die Pumpe 11, die Einspritzstelle 16 sowie die Verbindungsstellen 06; 08 sind i. d. R. räumlich nah zueinander, und z. B. in einem strichliert angedeuteten Temperierschrank 18 angeordnet. Zufluss- und Rückflussstrecke 12; 13 zwischen dem Bauteil 01 und dem nicht explizit dargestellten Austritt bzw. Eintritt in den Temperierschrank 18 weisen i. d. R. eine gegenüber den übrigen Wegstrecken vergleichsweise große Länge auf, was in Fig. 1 durch jeweilige Unterbrechungen angedeutet ist. Die Orte für die Messung sind nun so gewählt, dass mindestens je eine Messstelle M1 im Bereich des Temperierschranks 18 und eine Messstelle M2; M3 bauteilnah, also am Ende der langen Zuflussstrecke 12 angeordnet ist.

Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 erfolgt die Messung einer ersten Temperatur θ_1 zwischen der Einspritzstelle 16 und der Pumpe 11, insbesondere zwischen einer Verwirbelungsstrecke 17 und der Pumpe 11, mittels eines ersten Sensors S1. Eine zweite Temperatur θ_2 wird mittels eines zweiten Sensors S2 im Bereich des Eintrittes in das Bauteil 01 ermittelt. Die Temperatur θ_3 wird in Fig. 1 ebenfalls durch Messung ermittelt, und zwar durch einen auf die Oberfläche der Walze 01 gerichteten Infrarot-Sensor (IR-Sensor) S3. Der Sensor S3 kann auch im Bereich der Mantelfläche angeordnet sein oder wie unten erläutert u. U. auch entfallen.

Die Temperierung erfolgt mit Hilfe einer Regeleinrichtung 21 bzw. eines Regelungsprozesses 21, welcher im Folgenden näher beschrieben ist. Der Regeleinrichtung 21 (Fig. 1) liegt eine mehrschleifige, hier dreischleifige Kaskadenregelung zu Grunde. Ein innerster Regelkreis weist den Sensor S1 kurz hinter der Einspritzstelle 16, einen ersten Regler R1 und das Stellglied 07, d.h. das Ventil 07, auf. Der Regler R1 erhält als Eingangsgröße eine Abweichung $\Delta\theta_1$ des Messwertes θ_1 von einem (korrigierten) Sollwert $\theta_{1,\text{soll},k}$ (Knoten K1) und wirkt entsprechend seines implementierten Regelverhaltens und/oder Regelalgorithmus mit einem Stellbefehl Δ auf das Stellglied 07. D. h. je nach Abweichung des Messwertes θ_1 vom korrigierten Sollwert $\theta_{1,\text{soll},k}$ öffnet oder schließt er das Ventil 07 oder behält die Stellung bei. Der korrigierte Sollwert $\theta_{1,\text{soll},k}$ wird nun nicht wie sonst üblich direkt durch eine Steuerung oder manuell vorgegeben, sondern wird unter Verwendung einer Ausgangsgröße mindestens eines zweiten, weiter „außen“ liegenden Regelkreises gebildet. Der zweite Regelkreis weist den Sensor S2 kurz vor dem Eintritt in das Bauteil 01 sowie einen zweiten Regler R2 auf. Der Regler R2 erhält als Eingangsgröße eine Abweichung $\Delta\theta_2$ des Messwertes θ_2 am Sensor S2 von einem korrigierten Sollwert $\theta_{2,\text{soll},k}$ (Knoten K2) und erzeugt an seinem Ausgang entsprechend seines implementierten Regelverhaltens und/oder Regelalgorithmus eine mit der Abweichung $\Delta\theta_2$ korrelierte Größe $d\theta_1$ (Ausgangsgröße $d\theta_1$), welche mit zur

Bildung des o. g. korrigierten Sollwertes $\theta_{1,soll,k}$ für den ersten Regler R1 herangezogen wird. D. h. je nach Abweichung des Messwertes θ_2 vom korrigierten Sollwert $\theta_{2,soll,k}$ wird über die Größe $d\theta_1$ Einfluss auf den zu bildenden korrigierten Sollwert $\theta_{1,soll,k}$ des ersten Reglers R1 genommen.

In einer bevorzugten Ausführung wird der korrigierte Sollwert $\theta_{1,soll,k}$ für den ersten Regler R1 an einem Knoten K1' (z.B. Addition, Subtraktion) aus der Größe $d\theta_1$ und einem theoretischen Sollwert $\theta'_{1,soll}$ gebildet. Der theoretische Sollwert $\theta'_{1,soll}$ wiederum wird in einem Vorsteuerglied bzgl. des Wärmeflusses V_{WF} gebildet. Das Vorsteuerglied V_{WF} , hier $V_{1,WF}$ (Index 1 für die Sollwertbildung des ersten Regelkreises) berücksichtigt den Wärmeaustausch (Verluste etc.) des Fluids auf einer Teilstrecke und basiert auf Erfahrungswerten (Expertenwissen, Eichmessungen etc.). So berücksichtigt das Vorsteuerglied $V_{1,WF}$ beispielsweise die Wärme- bzw. Kälteverluste auf der Teilstrecke zwischen den Messstellen M1 und M2, indem es einen entsprechend erhöhten bzw. erniedrigten theoretischen Sollwert $\theta'_{1,soll}$ bildet, welcher dann zusammen mit der Größe $d\theta_1$ zum korrigierten Sollwert $\theta_{1,soll,k}$ für den ersten Regler R1 verarbeitet wird. Im Vorsteuerglied V_{WF} ist ein Zusammenhang zwischen der Eingangsgröße (Sollwert $\theta_{3,soll}$ bzw. $\theta'_{2,soll}$ bzw. s.u. $\theta'_{2,soll,n}$) und einer korrigierten Ausgangsgröße (modifizierter Sollwert $\theta'_{2,soll}$ bzw. s.u. $\theta'_{2,soll,n}$ bzw. $\theta'_{1,soll,n}$) fest vorgehalten, der vorzugsweise über Parameter oder in sonstiger Weise nach Bedarf änderbar ist.

Prinzipiell ist eine einfache Ausführung der Regeleinrichtung möglich, in welcher lediglich die beiden ersten genannten Regelkreise die Kaskadenregelung bilden. In diesem Fall würde dem Vorsteuerglied $V_{1,WF}$ als Eingangsgröße von einer Maschinensteuerung oder manuell ein definierter Sollwert $\theta_{2,soll}$ vorgegeben. Dieser würde auch zur Bildung der o. g. Abweichung $\Delta\theta_2$ vor dem zweiten Regler R2 herangezogen.

In der in Fig. 1 dargestellten Ausführung weist die Regeleinrichtung 21 jedoch drei

kaskadierte Regelkreise auf. Der korrigierte Sollwert $\theta_{2,soll,k}$ vor dem zweiten Regler R2 wird nun ebenfalls nicht wie sonst üblich direkt durch eine Steuerung oder manuell vorgegeben, sondern wird unter Verwendung einer Ausgangsgröße eines dritten, äußeren Regelkreises gebildet. Der dritte Regelkreis weist den Sensor S3 auf, welcher die Temperatur auf oder im Bereich der Mantelfläche detektiert, sowie einen dritten Regler R3. Der Regler R3 erhält als Eingangsgröße eine Abweichung $\Delta\theta_3$ des Messwertes θ_3 am Sensor S3 von einem Sollwert $\theta_{3,soll}$ (Knoten K3) und erzeugt an seinem Ausgang entsprechend seines implementierten Regelverhaltens und/oder Regelalgorithmus eine mit der Abweichung $\Delta\theta_3$ korrelierte Größe $d\theta_2$, welche mit zur Bildung des o. g. korrigierten Sollwertes $\theta_{2,soll,k}$ für den zweiten Regler R2 herangezogen wird. D. h. je nach Abweichung des Messwertes θ_3 vom durch eine Maschinensteuerung oder manuell vorgegebenen Sollwert $\theta_{3,soll}$ (oder einem korrigierten Sollwert $\theta''_{3,soll}$, s. u.) wird über die Größe $d\theta_2$ Einfluss auf den zu bildenden korrigierten Sollwert $\theta_{2,soll,k}$ des zweiten Reglers R2 genommen.

Der korrigierte Sollwert $\theta_{2,soll,k}$ für den zweiten Regler R2 wird an einem Knoten K2' (z.B. Addition, Subtraktion) aus der Größe $d\theta_2$ und einem theoretischen Sollwert $\theta'_{2,soll}$ (oder $\theta''_{2,soll}$ s. u.) gebildet. Der theoretische Sollwert $\theta'_{2,soll}$ wird wieder in einem Vorsteuerglied bzgl. des Wärmeflusses $V_{2,WF}$ gebildet. Das Vorsteuerglied $V_{2,WF}$ berücksichtigt beispielsweise hier die Wärme- bzw. Kälteverluste auf der Teilstrecke zwischen den Messstellen M2 und M3, indem es einen entsprechend erhöhten bzw. erniedrigten theoretischen Sollwert $\theta'_{2,soll}$ bildet, welcher dann zusammen mit der Größe $d\theta_2$ zum korrigierten Sollwert $\theta_{2,soll,k}$ für den zweiten Regler R2 verarbeitet wird.

Das beschriebene Verfahren beruht somit zum einen auf der Messung der Temperatur direkt hinter der Einspritzstelle 16 sowie mindestens einer Messung nahe dem zu temperierenden Bauteil 01. Zum zweiten wird eine besonders kurze Reaktionszeit der Regelung dadurch erreicht, dass mehrere Regelkreise kaskadenartig ineinander greifen

und bereits bei der Sollwertbildung für den inneren Regelkreis ein näher am Bauteil 01 befindlicher Messwert θ_2 ; θ_3 berücksichtigt wird. Zum dritten wird eine besonders kurze Reaktionszeit durch eine Vorsteuerung erreicht, welche Erfahrungswerte für auf der Temperierstrecke 02 zu erwartende Verluste einbringt. Einem näher am Stellglied 07 befindlichen Regelkreis wird somit in Erwartung von Verlusten bereits ein um einen Erfahrungswert entsprechend erhöhter oder erniedrigter Sollwert vorgegeben.

In einer vorteilhaften Ausführung nach Fig. 2 weist die Regeleinrichtung 21 neben dem Vorsteuerglied bzgl. des Wärmeflusses $V_{1,WF}$; $V_{2,WF}$ weitere Vorsteuerungen auf:

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, benötigt das Fluid beispielsweise für die Strecke vom Ventil 07 bis zum Sensor S2 eine endliche Laufzeit T_{L2} . Darüber hinaus ändert sich beim Stellen des Stellgliedes 07 die jeweilige Mischtemperatur nicht augenblicklich auf den gewünschten Wert (z.B. Trägheit des Ventils, Aufwärmung bzw. Abkühlung der Rohrwandungen und Pumpe), sondern unterliegt einer Zeitkonstanten T_{e2} . Wird dies wie in der Ausführung nach Fig. 1 nicht berücksichtigt, so kann es zu stärkeren Überschwingern bei der Steuerung kommen, da beispielsweise ein Befehl zur Öffnung des Ventils 07 erfolgt ist, das Ergebnis dieser Öffnung, nämlich entsprechend wärmeres oder kälteres Fluid, jedoch noch nicht am Messort der Messstelle M2 angekommen sein kann, der entsprechende Regelkreis darauf hin jedoch fälschlicherweise weitere Stellbefehle zur Öffnung ausgibt. Ebenso verhält es sich mit der Strecke vom Ventil 07 bis zur Detektion der Temperatur durch den Sensor S3 mit der Laufzeit T'_{L3} und einer Zeitkonstanten T'_{e3} , wobei hierbei das gestrichene Bezugszeichen zum Ausdruck bringt, dass es sich hierbei nicht um die Zeit bis zur Detektion der Fluidtemperatur im Bereich des Walzenmantels handeln muss, sondern um die Zeit bis zur Detektion der Temperatur der Walzenoberfläche bzw. des Walzenmantels.

Aufgrund der Totzeit (entspricht Laufzeit T_{L2} bzw. T'_{L3}) und der Zeitkonstanten T_{e2} bzw. T'_{e3} werden die Streckenreaktionen auf die Aktivitäten des innersten Reglers R1 hin auf

der Ebene der beiden äußeren Regler R2; R3 zunächst nicht sichtbar. Um eine dadurch bedingte Doppel-Reaktion dieser Regler, welche übertrieben falsch und nicht rückholbar wäre, zu vermeiden bzw. zu verhindern, ist bei der Bildung des Sollwertes in einem oder mehreren der Regelkreise ein Vorsteuerglied bzgl. der Laufzeit und/oder der Zeitkonstanten V_{LZ} als Streckenmodellglied vorgesehen, mittels welchem die zu erwartende natürliche „Verzögerung“ im Ergebnis einer Änderung am Stellglied 07 berücksichtigt wird. Mittels des Vorsteuergliedes bzgl. der Laufzeit und/oder der Zeitkonstanten V_{LZ} wird die tatsächlich durch das Fluid benötigte Laufzeit (anhand von Erfahrungswerten oder vorzugsweise durch Messwertaufzeichnung oder durch rechnerische Abschätzung ermittelt) in der Regelung simuliert. Die äußeren Regler R2; R3 reagieren nun nur noch auf diejenigen Abweichungen, die unter Berücksichtigung der modellierten Streckeneigenschaften nicht zu erwarten und somit tatsächlich korrekturbedürftig sind. Gegenüber den ohnehin zu erwartenden Regelabweichungen, die physikalisch unvermeidbar sind und um die sich der innerste Regler R1 bereits „lokal“ kümmert, werden die äußeren Regler R2; R3 durch diese Symmetrierung „blind“ gemacht. Das „Vorsteuerglied“ V_{LZ} wirkt so in der Art eines „Laufzeit- und Verzögerungsgliedes“ V_{LZ} . Im Vorsteuerglied V_{LZ} ist die genannte dynamische Eigenschaft (Laufzeit und Verzögerung) abgebildet und fest vorgehalten, aber vorzugsweise über Parameter oder in sonstiger Weise nach Bedarf änderbar. Hierzu sind entsprechende Parameter $T_{L2}^*, T_{e2}^*, T_{L3}^*, T_{e3}^*$, die z.B. die reale Laufzeit T_{L2} bzw. T_{L3} und/oder die Ersatzzeitkonstante T_{e2} bzw. T_{e3} nachbilden und repräsentieren sollen, am Vorsteuerglied V_{LZ} einstellbar. Die Einstellung soll so erfolgen, dass hiermit ein rechnerisch erzeugter virtueller dynamischer Sollwertverlauf, beispielsweise Sollwert $\theta''_{2,soll}$ bzw. $\theta''_{3,soll}$, im wesentlichen zeitlich synchron mit dem entsprechenden Verlauf des Messwertes θ_2 bzw. θ_3 für die Temperatur am zugeordneten Sensor S2 bzw. S3 am Knoten K2 bzw. K3 verglichen wird.

Für den äußeren Regelkreis entspricht der virtuelle, veränderte Sollwert $\theta''_{3,soll}$ dem mit dem Messwert zu vergleichenden Sollwert $\theta_{3,soll,k}$, da er nicht durch einen weiteren Regelkreis korrigiert wird. Daneben ist im Ausführungsbeispiel kein Vorsteuerglied V_{LZ} für

den innersten Regelkreis vorgesehen (sehr kurze Wege bzw. Laufzeit). In Vereinheitlichung der Nomenklatur stellt hier der Sollwert $\theta'_{3,\text{soll}}$ ohne weitere Veränderung somit den Sollwert $\theta''_{3,\text{soll}}$ dar.

Ein derartiges das Streckenmodell repräsentierende Vorsteuerglied V_{LZ} ist zumindest für die Sollwertbildung des Regelkreises bzw. der Regelkreise vorgesehen, welche dem bauteilnahen Sensor S2 bzw. den bauteilnahen Sensoren S2; S3 zugeordnet sind. Im Beispiel weisen die beiden äußeren Regelkreise in ihrer Sollwertbildung ein derartiges Vorsteuerglied $V_{LZ,2}$; $V_{LZ,3}$ auf. Sollte sich auch die Wegstrecke zwischen dem Ventil 07 und dem Sensor S1 als zu groß und störend herausstellen, so ist es auch möglich, ein entsprechendes Vorsteuerglied $V_{LZ,1}$ bei der Sollwertbildung für den inneren Regelkreis vorzusehen.

Eine weitere Verbesserung der Regeldynamik lässt sich in Weiterbildung der genannten Regeleinrichtung gemäß Fig. 3 erreichen, wenn die Umsetzung des gewünschten Sollwertverlaufs auf der Ebene des innersten Regelkreises durch ein Vorhalteglied $V_{VH,1}$ in Form eines Zeitkonstantentauschers z.B. 1.Ordnung (Lead-Lag-Filter) schneller und schleppabstandsärmer gemacht wird. Diese Vorsteuerung in Form des Vorhaltegliedes V_{VH} bewirkt zunächst eine Amplitudenüberhöhung (Überkompensation) in der Reaktion, um den Regelprozess in einer jeweiligen Anfangsphase zu beschleunigen, und kehrt dann zur Neutralität zurück.

Um jegliche Stabilitätsprobleme auszuschließen, erfolgt diese Maßnahme bevorzugt nur in dem nicht durch Istwerte beeinflussten Sollwertanteil, d.h. vor dem jeweiligen Knoten $K1'$; $K2'$ (Addier- bzw. Subtrahierpunkt etc. je nach Vorzeichen). Um die Symmetrierung bei den äußeren Reglern R2; R3 aufrechtzuerhalten, muß diese dynamische Maßnahme dort dann auch durch entsprechende Vorhalteglieder $V_{VH,2}$ bzw. $V_{VH,3}$ ausgeglichen werden, die zusätzlich zu den genannten Vorsteuerungen V_{WF} bezüglich des Wärmeflusses und V_{LZ} bzgl. der Laufzeit und/oder der Zeitkonstanten bei der

Sollwertbildung des folgenden Regelkreises wirken.

Im Vorsteuerglied $V_{VH,i}$ ist die Verlaufseigenschaft der genannten Überhöhung (relativ zum Eingangssignal) abgebildet und fest vorgehalten, aber in Höhe und Verlauf vorzugsweise über Parameter oder in sonstiger Weise nach Bedarf änderbar. Entsprechend der physikalischen Reihenfolge ist das Vorhalteglied $V_{VH,i}$ bzgl. des Signalweges bevorzugt vor dem Vorsteuerglied V_{LZ} (falls vorhanden) und nach dem Vorsteuerglied V_{WF} (falls vorhanden) angeordnet. Das Vorsteuerglied V_{VH} ist auch in einer der Ausführungen nach Fig. 1 bis 4 unabhängig vom Vorhandensein der Vorsteuerglieder V_{LZ} , V_{DZ} , oder V_{AB} (s.u.) oder zusätzlich einsetzbar.

Eine weitere Verbesserung der Regeldynamik lässt sich in Weiterbildung der Regeleinrichtungen nach Fig. 1, 2 oder 3 erreichen, wenn zusätzlich zu den genannten Vorsteuerungen V_{WF} bezüglich des Wärmeflusses, bzgl. der Laufzeit und/oder der Zeitkonstanten V_{LZ} und/oder dem Vorhalteglied V_{VH} eine Vorsteuerung bezüglich der Maschinendrehzahl V_{DZ} erfolgt (Fig. 4). In Abhängigkeit von einer Maschinendrehzahl n wird in einem Druckwerk mehr oder weniger starke Reibungswärme produziert. Soll der Massenstrom des Fluids im wesentlichen konstant gehalten werden, so lässt sich eine erhöhte Reibungswärme lediglich über Absenkung der Fluidtemperatur erzielen und umgekehrt. Die oben beschriebene Regeleinrichtung würde zweifelsohne im Laufe der Zeit auf die Änderung in der Reibungswärme durch Absenkung bzw. Erhöhung der Fluidtemperatur reagieren, jedoch erst, wenn die Temperatur am Sensor S3 die unerwünschte Temperatur anzeigt.

Um die Dynamik der Regeleinrichtung 21, insbesondere bei wechselnden Betriebsbedingungen (Anlaufphase, Drehzahlwechsel etc.), weiter zu erhöhen, ist das Vorsteuerglied bzgl. der Drehzahl V_{DZ} vorgesehen, welches grundsätzlich sämtlichen unterlagerten Sollwertbildungen, die somit Stellgrößencharakter haben, d. h. der Bildung der Sollwerte $\theta''_{1,soll}$; $\theta''_{2,soll}$; $\theta''_{3,soll}$, überlagert sein kann. Die Überlagerung des äußeren

Regelkreises macht jedoch keinen Sinn, solange der Messwert des Sensors S3 den technologisch letztgültigen Istwert (z.B. die Temperatur der wirksamen Fläche, d. h. der Mantelfläche selbst) darstellt. Daher wirkt im Ausführungsbeispiel das Vorsteuerglied V_{DZ} lediglich auf die Bildung der Sollwerte $\theta''_{1,soll}$ und $\theta''_{2,soll}$, und zwar indem ein Korrekturwert $d\theta_n$ dem durch das dem zweiten Regelkreis vorgelagerte Vorsteuerglied $V_{2,WF}$ erzeugten theoretischen Sollwert $\theta'_{2,soll}$ überlagert wird. Der hieraus entstandene Sollwert $\theta'_{2,soll,n}$ wird direkt oder über entsprechende Vorsteuerglieder $V_{VH,i}$ und/oder $V_{LZ,i}$ zur Sollwertbildung des zweiten Regelkreises (R2) und gleichzeitig über das Vorsteuerglied $V_{WF,i}$ und ggf. das Vorsteuerglied $V_{VH,i}$ zur Sollwertbildung des ersten Regelkreises (R1) herangezogen. Im Vorsteuerglied V_{DZ} ist ein Zusammenhang zwischen der Maschinendrehzahl n und einer geeigneten Korrektur fest vorgehalten, der vorzugsweise über Parameter oder in sonstiger Weise nach Bedarf änderbar ist. Das Vorsteuerglied V_{DZ} ist auch in einer der Ausführungen nach Fig. 1 bis 4 unabhängig vom Vorhandensein der Vorsteuerglieder V_{LZ} , V_{VH} , (s.u.) oder V_{AB} (s.u.) oder zusätzlich einsetzbar.

Misst der Sensor S3 jedoch nicht die Mantelfläche, sondern eine weiter im Innen des Bauteils liegende Temperatur (die technologisch nicht die letztgültige Temperatur ist), so kann es auch sinnvoll sein, das Vorsteuerglied V_{DZ} auch auf den äußeren Regelkreis (R3) wirken zu lassen. Gleiches gilt für einen äußeren Regelkreis, der den Messwert nicht direkt vom Bauteil 01, sondern aus einem nach Durchfluss des Bauteils 01 angeordneten Sensor S4; S5 (siehe Fig. 1 und 5), u. U. verknüpft mit dem Messwert aus S2, bezieht.

In Fig. 4 ist in Weiterbildung unmittelbar vor dem Knoten K1 zur Bildung des korrigierten Sollwertes $\theta_{1,soll,k}$ ein weiteres Vorsteuerglied V_{AB} als dynamisches Modellglied, z. B. ein Anstiegsbegrenzer V_{AB} , insbesondere nichtlinear, vorgesehen. Dieser empfindet die endliche Stellzeit (ungleich Null) und die reale Begrenztheit des Stellgliedes 07 im Hinblick auf seinen maximalen Stellweg nach, d. h. auch bei Anforderung einer sehr starken Änderung kann nur eine begrenzte Öffnung des Ventils 07 und damit eine begrenzte Menge an temperiertem Fluid aus dem Primärkreislauf 04 zugeführt werden. Im

Vorsteuerglied V_{AB} ist die genannte Anstiegsbegrenzung (Ventileigenschaft) abgebildet und fest vorgehalten, aber vorzugsweise über Parameter oder in sonstiger Weise nach Bedarf änderbar. Das Vorsteuerglied V_{AB} ist auch in einer der Ausführungen nach Fig. 1 bis 3 unabhängig vom Vorhandensein der Vorsteuerglieder $V_{LZ,i}$, $V_{VH,i}$, oder V_{DZ} oder zusätzlich einsetzbar.

Fig. 5 zeigt eine Weiterbildung der bisherigen Ausführungen des ersten Regelkreises, unabhängig davon, ob nach Ausführungen gemäß Fig. 1, 2, 3 oder 4. Ein Messwert θ_s eines Sensors S5 wird nahe der oder im Bereich der Teilstrecke 14, d. h. in kurzem Abstand zum Einspritzpunkt 16 erfasst und zusätzlich zur Regelung im innersten Regelkreis herangezogen. Hierzu wird der Messwert θ_s als Eingangswert in ein weiteres Vorsteuerglied V_{NU} zur dynamischen Nullpunktunterdrückung geführt. Der Messwert θ_s gibt Information darüber, mit welcher Temperatur das rücklaufende Fluid für die bevorstehende Mischung mit eingespeistem, Kühl- oder Heizfluid zur Verfügung stehen wird. Ändert sich der Messwert plötzlich stark, beispielsweise die Temperatur fällt stark ab, so wird durch das Vorsteuerglied V_{NU} ein entsprechend entgegengesetztes Signal σ , beispielsweise eine starke Erhöhung der Öffnung am Ventil 07, erzeugt und dem Regler R1 zugeführt. Das Vorsteuerglied V_{NU} bewirkt somit ein Entgegensteuern einer am Sensor S1 in kürze zu erwartenden Änderung, noch bevor diese dort eingetreten ist. Durch diese Störgrößenaufschaltung wird diese Änderung dann im Idealfall dort gar nicht mehr eintreten.

Der Funktionsverlauf und die Verstärkung des Vorsteuerglied V_{NU} für diese Rücklauftemperatur-Vorsteuerung sind fest vorgehalten und über Parameter vorzugsweise veränderbar.

Fig. 6 zeigt eine Weiterbildung der bisherigen Ausführungen des äußeren Regelkreises, unabhängig davon, ob nach Ausführungen gemäß Fig. 1, 2, 3 oder 4. Im Unterschied zu den bisherigen Ausführungen wird für den äußeren Regelkreis des Reglers R3 nicht ein

Messwert θ_3 eines die Bauteiloberfläche detektierenden, oder in der Mantelfläche befindlichen Sensors S3, sondern die Messwerte θ_2 und θ_4 bauteilnaher Sensoren S2 und S4 in Zufluss- und Rückflussstrecke 12; 13 verwendet. Diese werden zusammen mit einem Drehzahlsignal n in einer logischen Einheit L bzw. in einem logischen Prozess L anhand eines fest hinterlegten, aber vorzugsweise veränderbaren Algorithmus zu einem Ersatzmesswert $\bar{\theta}_3$, z.B. der Ersatztemperatur $\bar{\theta}_3$ des Bauteils 01 (bzw. dessen Oberfläche) verarbeitet. Dieser Ersatzmesswert $\bar{\theta}_3$ wird als Messwert bzw. Temperatur $\bar{\theta}_3$ anstelle des Messwertes θ_3 entsprechend der vorgenannten Ausführungsbeispiele ab dem Knoten K3 weitergeführt.

Die Regler R1 ; R2; R3 aus den Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 1 bis 4 sind in einer einfachen Ausführung als PI-Regler R1; R2; R3 ausgeführt.

In vorteilhafter Ausführung sind jedoch zumindest die Regler R2 und R3 als sog. „Laufzeitbasierte Regler“ bzw. „Smith-Regler“ ausgeführt. Die Laufzeitbasierten Regler R2 und R3, insbesondere Laufzeitbasierte PI-Regler R2 und R3, sind in Fig. 7 als Ersatzschaltbild dargestellt und parametrisiert. Der Regler R2; R3 weist als Eingangsgröße die Abweichung $\Delta\theta_2$; $\Delta\theta_3$ auf. Er ist als PI-Regler mit einem parametrierbaren Verstärkungsfaktor V_R ausgebildet, dessen Ausgangssignal über ein Ersatzzeitkonstantenglied G_{ZK} und ein Laufzeitglied G_{LZ} (bzw. wie bei dem Vorsteuerglied V_{LZ} dargestellt als ein Glied) rückgekoppelt wird.

Im Laufzeitbasierten PI-Regler R2; R3 ist die Lauf- bzw. Totzeit der Regelstrecke sowie deren Zeitkonstante abgebildet und fest vorgehalten, aber vorzugsweise über Parameter oder in sonstiger Weise nach Bedarf änderbar. Hierzu sind entsprechende Parameter $T_{L2}^{**}; T_{e2}^{**}; T_{L3}^{**}; T_{e3}^{**}$, die z.B. die reale Laufzeit T_{L2} bzw. T_{L3} und/oder die Zeitkonstante T_{e2} bzw. T_{e3} repräsentieren sollen, am Laufzeitbasierten PI-Regler R2 und R3 einstellbar. Die Werte der Parameter $T_{L2}^{**}; T_{e2}^{**}; T_{L3}^{**}; T_{e3}^{**}$ und die Werten der Parameter $T_{L2}^{*}; T_{e2}^{*}; T_{L3}^{*}; T_{e3}^{*}$ aus den Vorsteuergliedern $V_{LZ,1}$ bzgl. der Laufzeit und Zeitkonstante

sollten bei korrekter Einstellung und Wiedergabe der Regelstrecke im wesentlichen übereinstimmen, da sowohl im Regler R2; R3 sowie im Vorsteuerglied V_{LZ} die entsprechende Regelstrecke hierdurch beschrieben wird. Somit können, sollten in der Regeleinrichtung sowohl Laufzeitbasierte PI-Regler R2 und R3 als auch Vorsteuerglieder V_{LZ} verwendet werden, die selben einmal ermittelten Parametersätze für beides verwendet werden.

Einen Ausschnitt der schematisch in Fig. 1 dargestellten Temperierstrecke in einer vorteilhaften konkreten Ausführung zeigt Fig. 8. Die Zuflussstrecke 12 von der Einspritzstelle 16 bis zu einem Zielort 22, d.h. dem Ort, dessen Umgebung bzw. Oberfläche gekühlt werden soll, ist in Fig. 8 in drei Abschnitten 12.1; 12.2; 12.3 dargestellt.

Der erste Abschnitt 12.1 reicht von der Einspritzstelle 16 bis zur ersten Messstelle M1 mit dem ersten Sensor S1 und weist eine erste Wegstrecke X_1 sowie eine erste mittlere Laufzeit T_{L1} auf. Der zweite Abschnitt 12.2 reicht von der ersten Messstelle M1 bis zu einer „bauteilnahen“ Messstelle M2 mit dem Sensor S2. Er weist eine zweite Wegstrecke X_2 sowie eine zweite mittlere Laufzeit T_{L2} auf. Der dritte Abschnitt 12.3 mit einer dritten Wegstrecke X_3 sowie einer dritten mittleren Laufzeit T_{L3} für das Fluid schließt sich an die zweite Messstelle M2 an und reicht bis zum Zielort 22 (hier der Erstkontakt des Fluids im Bereich der ausgedehnten Mantelfläche). Eine Gesamtlaufzeit T des Fluids von der Einspritzstelle 16 bis zum Zielort ergibt sich somit zu $T_{L1} + T_{L2} + T_{L3}$.

Die erste Messstelle M1 ist „einspeisestellennah“, d.h. in geringem Abstand zur Einspeisestelle 16, hier der Einspritzstelle 16, gewählt. Unter einspeisestellennaher Messstelle M1 bzw. stellmittelnahem Sensor S1 wird hier daher ein Ort im Bereich der Zuflussstrecke 12 verstanden, welcher bzgl. der Laufzeit des Fluids T_L weniger als auf einem zehntel, insbesondere als einem zwanzigstel, der Strecke von der Einspeisestelle 16 bis zur Erstberührung des Zielortes 22 (hier der Erstkontakt des Fluids im Bereich der

ausgedehnten Mantelfläche) liegt, d.h. es gilt $T_{L1} < 0,1 \cdot T$, insbesondere $T_{L1} < 0,05 \cdot T$. Für eine hohe Regeldynamik liegt die Messstelle M1 bezüglich der Laufzeit des Fluids T_{L1} maximal 2 Sekunden, insbesondere maximal 1 Sekunde, von der Einspritzstelle 16 entfernt. Wie bereits zu Fig. 1 genannt, befinden sich Einspritzstelle 16, Sensor S1 sowie die nachfolgende Pumpe 11 in einem Temperierschrank 18, welcher eine bauliche Einheit der beinhalteten Aggregate bildet. Die Messstelle M1 liegt bevorzugt vor der Pumpe 11. Über lösbare Verbindungen 23; 24 in der Zuflussstrecke 12 sowie der Rückflussstrecke 13 ist der Temperierschrank 18 mit dem Bauteil 01 verbindbar.

In der Regel sind Bauteil 01 und Temperierschrank 18 nicht direkt zueinander benachbart in der Maschine angeordnet, so dass eine Leitung 26, z. B. eine Verrohrung 26 oder ein Schlauch 26, vom Temperierschrank 18 zu einem Eintritt 27 in das Bauteil 01, z.B. zu einer Durchführung 27, insbesondere Drehdurchführung 27, eine entsprechend große Länge aufweist. Die Durchführung in die Walze 01 bzw. den Zylinder 01 ist in Fig. 8 lediglich schematisch dargestellt. Weist die Walze 01 bzw. der Zylinder 01 wie üblich stirnseitig einen Zapfen auf, so erfolgt die Durchführung durch den Zapfen. Auch der Weg des Fluids zur Mantelfläche sowie im Bauteil 01 entlang der Mantelfläche ist nur symbolisch dargestellt und kann in bekannter Weise, z. B. in axialen oder spiralenförmigen Kanälen, in ausgedehnten Hohlräumen, in einem Kreisringquerschnitt, oder in anderen geeigneten Weisen unterhalb der Mantelfläche verlaufen. Die zweite Messstelle M2 ist „bauteilnah“, d.h. in geringem Abstand zum Bauteil 01 bzw. zum Zielort 22, hier der Mantelfläche, gewählt. Unter bauteilnaher zweiter Messstelle M2 bzw. bauteilnahe zweitem Sensor S2 wird hier daher ein Ort im Bereich der Zuflussstrecke 12 verstanden, welcher bzgl. der Laufzeit des Fluids weiter entfernt als auf halber Strecke von der Einspritzstelle 16 bis zur Erstberührung des Zielortes 22 (hier der Erstkontakt des Fluids im Bereich der ausgedehnten Mantelfläche) liegt. Es gilt $T_{L2} > 0,5 \cdot T$. Um eine hohe Dynamik der Regelung bei gleichzeitig geringem baulichen Aufwand bei rotierenden Bauteilen 01 zu erhalten, ist die zweite Messstelle M2 im Bereich der Leitung 26 ortsfest noch außerhalb des rotierenden Bauteils 01 angeordnet, und liegt jedoch unmittelbar, d.h.

bezüglich der Laufzeit des Fluids maximal 3 Sekunden, vom Eintritt 27 in das Bauteil 01 entfernt.

Die dritte Messstelle M3, falls vorhanden, ist ebenfalls zumindest „bauteilnah“, insbesondere jedoch „zielortnah“ angeordnet. D.h. sie befindet sich in unmittelbarer Umgebung zum Zielort 22 des Fluids oder detektiert direkt die zu temperierende Oberfläche (hier Mantelfläche der Walze 01). In vorteilhafter Ausführung detektiert die Messstelle M3 nicht die Fluidtemperatur, wie z.B. im Fall der Messstellen M2 und M3, sondern den zu temperierenden Bereich des Bauteils 01 selbst. Unter unmittelbarer Umgebung zum Zielort 22 wird hier verstanden, dass sich der Sensor S3 zwischen im Bauteil 01 zirkulierendem Fluid und der Mantelfläche befindet oder aber berührungslos die Temperatur θ_3 auf der Mantelfläche detektiert.

In einer anderen Ausführung der Temperiervorrichtung kann auf die Messstelle S3 verzichtet werden. Rückschlüsse auf die Temperatur θ_3 können aus Erfahrungswerten durch die Messwerte der Messstelle M2, beispielsweise anhand eines hinterlegten Zusammenhanges, eines Offset, eines funktionellen Zusammenhanges, gewonnen werden. Für eine gewünschte Temperatur θ_3 wird dann z.B. unter Berücksichtigung der Maschinen- bzw. Produktionsparameter (u.a. Maschinendrehzahl, Umgebungstemperatur und/oder Fluiddurchsatz, (Rakel-)Reibungskoeffizient, Wärmedurchgangswiderstand) auf eine gewünschte Temperatur θ_2 als Sollwert geregelt.

In einer weiteren Ausführung wird wieder auf die Messstelle 3 verzichtet, Rückschlüsse auf die Temperatur θ_3 werden jedoch aus Erfahrungswerten über die Messwerte der Messstelle M2 und der Messstelle M4, beispielsweise wieder anhand eines hinterlegten Zusammenhanges, eines Offset, eines funktionellen Zusammenhanges und/oder durch Mittelwertbildung der beiden Messwerte, gewonnen. Für eine gewünschte Temperatur θ_3 wird dann z.B. entweder unter Berücksichtigung der Maschinen- bzw. Produktionsparameter (u.a. Maschinendrehzahl, Umgebungstemperatur und/oder

Fluiddurchsatz) wieder auf eine gewünschte Temperatur θ_2 als Sollwert geregelt, oder aber auf die durch die beiden Messwerte indirekt ermittelte Temperatur θ_3 . In Fig. 8 befinden sich Zu- und Abfluss des Fluids in bzw. aus dem als Walze 01 oder Zylinder 01 ausgeführten Bauteil 01 auf der selben Stirnseite. Dementsprechend ist die Drehdurchführung hierbei mit zwei Anschlüssen, oder wie dargestellt mit zwei koaxial ineinander und koaxial zur Walze 01 angeordneten Durchführungen, ausgeführt. Die Messstelle M4 ist ebenfalls möglichst nah an der Durchführung angeordnet.

In der vorteilhaften Ausführung der Temperiervorrichtung weist diese auf dem Abschnitt 12.1 zwischen Einspeisestelle 16 und erster Messstelle M1 eine Verwirbelungsstrecke 17, insbesondere eine speziell ausgebildete Verwirbelungskammer 17, auf. Wie oben bereits erwähnt, soll die Messstelle M1 einspeisestellennah angeordnet sein, damit möglichst schnelle Reaktionszeiten im betreffenden Regelkreis mit der Messstelle M1 und dem Stellglied 07 realisierbar sind. Andererseits ist jedoch dicht hinter der Einspeisestelle in der Regel noch kein homogenes Gemisch zwischen eingespeistem und rückgelaufenem Fluid (bzw. im geheiztem/gekühltem Fluid) erreicht, so dass Messwertfehler ein Regeln erschweren und u.U. das Erreichen der letztlich gewünschten Temperatur θ_3 am Bauteil 01 erheblich verzögern.

Der Einsatz der Verwirbelungsstrecke 17, insbesondere der speziell ausgeführten Verwirbelungskammer 17 gemäß Fig. 9 und 10, gewährleisten in einfacher Weise ein sicheres Durchmischen des Fluids auf kürzester Distanz, so dass die o.g. Bedingung bzgl. der kurzen Laufzeit T1 erfüllbar ist.

Auf kleinstem Bauraum erfolgt zunächst eine erste Querschnittsänderung, wobei sich eine erste Querschnittsfläche A1 sprunghaft mindestens um einen Faktor $f_1 = 2$ auf eine zweite Querschnittsfläche A2 vergrößert. Im direkten Anschluß erfolgt eine Richtungsänderung von 70° bis 110° , insbesondere abrupt um ca. 90° , worauf sich eine zweite Querschnittsänderung und zwar Verkleinerung von der Querschnittsfläche A2 auf die

Querschnittsfläche A3 mit dem Faktor f_2 ($f_2 < 1$) anschließt. Der Faktor f_2 ist vorteilhaft $f_2 \leq 0,5$ gewählt und ist komplementär zum Faktor f_1 derart gewählt, dass die beiden Querschnittsflächen A1; A3 vor und nach der Verwirbelungskammer 17 im wesentlichen gleich groß sind.

Fig. 9 zeigt eine Ausführung der Verwirbelungskammer 17 mit rohrförmigem Ein- und Auslassbereich 29; 31, wobei nicht dargestellte rohrförmige Leitungen mit Querschnittsfläche A1 hier in zentral angeordnete Öffnungen 32; 33 als Einlass 32 und Auslass 33 münden. Die Stoßlinie 34 der rohrförmigen Ein- und Auslassbereiche 29; 31 bildet keinen Rohrbogen mit stetig verlaufender Krümmung, sondern ist zumindest in einer durch die Flussrichtungen im Einlass- und Auslassbereich gebildete Ebene kantig abgelenkt ausgeführt (siehe Knick 36; 37). Die Öffnungen 32; 33 können in einer Weiterbildung auch nichtzentrisch in den Flächen A2; A3 liegen.

Fig. 10 zeigt ein Ausführungsbeispiel, wobei die Verwirbelungskammer 17 in der Geometrie eines Stoßes zweier kastenförmiger Rohre ausgeführt ist. Hierbei weisen wieder zwei Flächen A2 jeweils die Öffnungen 32; 33 auf. Auch hier ist die Richtungsänderung im Bereich des vorhandenen oder „gedachten“ Stoßes 34 von Einlass- und Auslassbereich (scharf)kantig ausgeführt (siehe Knick 36; 37). Die Öffnungen 32; 33 können wieder asymmetrisch in den Flächen A2 angeordnet sein.

Fig. 11 zeigt ein Ausführungsbeispiel, wobei die Verwirbelungskammer 17 in der Geometrie eines Quaders, in spezieller Ausführung wie in Fig. 10 als Quader gleicher Seitenkantenlängen, ausgeführt ist. Hierbei weisen zwei benachbarte Flächen A2 jeweils die Öffnungen 32; 33 auf. Auch hier ist die Richtungsänderung im Bereich des „gedachten“ Stoßes (34) von Einlass- und Auslassbereich (scharf)kantig ausgeführt (siehe Knick 36; 37). Auch hier können die Öffnungen 32; 33 wieder asymmetrisch in den Flächen A2 angeordnet sein.

Bezugszeichenliste

- 01 Bauteil, Walze, Rasterwalze, Zylinder, Formzylinder
- 02 Regelstrecke, Temperierstrecke
- 03 Kreislauf, erster; Sekundärkreislauf
- 04 Kreislauf, zweiter; Primärkreislauf
- 05 Verbindung
- 06 Verbindungsstelle, erste
- 07 Stellglied, Ventil
- 08 Verbindungsstelle, zweite
- 09 Ventil, Differenzdruckventil
- 10 Verbindungsstelle
- 11 Antrieb, Pumpe, Turbine
- 12 Zuflussstrecke
- 12.1 Abschnitt, erster
- 12.2 Abschnitt, zweiter
- 12.3 Abschnitt, dritter
- 13 Rückflussstrecke
- 14 Teilstrecke
- 15 Verbindung
- 16 Einspeisestelle, Einspritzstelle
- 17 Verwirbelungsstrecke, Verwirbelungskammer
- 18 Temperierschrank
- 19 –
- 20 –
- 21 Regeleinrichtung, Regelungsprozess
- 22 Zielort
- 23 Verbindung, lösbar
- 24 Verbindung, lösbar

- 25 –
 26 Leitung, Verrohrung, Schlauch
 27 Eintritt, Durchführung, Drehdurchführung
 28 –
 29 Einlassbereich
 30 –
 31 Auslassbereich
 32 Öffnung, Einlass
 33 Öffnung, Auslass
 34 Stoßlinie
 35 –
 36 Knick
 37 Knick

- A1 bis A3 Flächen, Querschnittsflächen
 K1 bis K3 Knoten
 K1' bis K2' Knoten
 M1 bis M5 Messstellen
 R1 bis R3 Regler
 S1 bis S5 Sensoren
 T_{ei} Zeitkonstante (Index i bezeichnet den Regelkreis)
 T_{ei}^* Parameter, Ersatzzeitkonstante (Index i bezeichnet den Regelkreis)
 T_{ei}^{**} Parameter, Ersatzzeitkonstante (Index i bezeichnet den Regelkreis)
 T_{Li} Laufzeit, Fluid (Index i bezeichnet den Regelkreis)
 T_{L3} Laufzeit, Temperaturantwort am Sensor S3
 T_{Li}^* Parameter, Laufzeit (Index i bezeichnet den Regelkreis)
 T_{Li}^{**} Parameter, Laufzeit (Index i bezeichnet den Regelkreis)
 T_v Temperatur, Vorlauftemperatur

V_{AB}	Vorsteuerglied
V_{NU}	Vorsteuerglied
V_{DZ}	Vorsteuerglied
$V_{(i)VF}$	Vorhaltglied (Index i bezeichnet ggf. den Regelkreis)
$V_{(i)WF}$	Vorsteuerglied (Index i bezeichnet ggf. den Regelkreis)
$V_{(i)LZ}$	Vorsteuerglied (Index i bezeichnet ggf. den Regelkreis)
n	Maschinendrehzahl
$d\theta_i$	Größe, Ausgangsgröße
$\Delta\theta_i$	Abweichung
θ_i	Temperatur, Messwert (Index i bezeichnet den Regelkreis)
$\bar{\theta}_3$	Temperatur, Messwert, Ersatztemperatur, Ersatzmesswert
$\theta_{3,soll}$	Sollwert, dritter Regelkreis
$\theta_{i,soll,k}$	Sollwert, korrigierter (Index i bezeichnet den Regelkreis)
$\theta'_{i,soll}$	Sollwert, theoretisch (Index i bezeichnet den Regelkreis)
$\theta'_{i,soll,n}$	Sollwert (Index i bezeichnet den Regelkreis)
Δ	Stellbefehl
Δp	Differenz im Druckniveau

Ansprüche

1. Verfahren zur Temperierung eines Bauteiles (01) einer Maschine mittels einer Regeleinrichtung (21), dadurch gekennzeichnet, dass jeweils ein Messwert (θ_1 ; θ_2 ; θ_3 ; θ_4 ; θ_5) einer Temperatur an zwei auf einer Regelstrecke (02) angeordneten, voneinander beabstandeten Messstellen (M1; M2; M3; M4; M5) ermittelt wird, und jeweils einer der Messwerte (θ_1 ; θ_2 ; θ_3 ; θ_4 ; θ_5) zwei kaskadenartig miteinander verbundenen Regelkreisen der Regeleinrichtung (21) zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperierung mittels eines Fluids erfolgt, dessen Temperatur an einer Einspeisestelle (16) mittels der Regeleinrichtung (21) eingestellt und welches entlang einer der Einspeisestelle (16) nachgeordneten Zuflussstrecke (12) dem Bauteil (01) zugeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster der Messwerte (θ_1) einspeisstellennah, und ein zweiter der Messwerte (θ_2 ; θ_3 ; θ_4) bauteilnah ermittelt wird.
4. Verfahren zur Temperierung eines Bauteiles (01) einer Maschine mittels eines Fluids, dessen Temperatur an einer Einspeisestelle (16) mittels einer Regeleinrichtung (21) eingestellt wird, und welches entlang einer der Einspeisestelle (16) nachgeordneten Zuflussstrecke (12) dem Bauteil (01) zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Weg von der Einspeisestelle (16) bis einschließlich dem Bauteil (01) an mindestens zwei Messstellen (M1; M2; M3) der Regelstrecke (02) jeweils ein Messwert (θ_1 ; θ_2 ; θ_3) einer Temperatur gemessen und der gemeinsamen Regeleinrichtung (21) zugeführt wird, und dass einer der Messwerte (θ_1) einspeisstellennah, und ein zweiter der Messwerte (θ_2 ; θ_3) bauteilnah ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils einer der Messwerte ($\theta_1; \theta_2; \theta_3$) zwei kaskadenartig miteinander verbundenen Regelkreisen der Regeleinrichtung (21) zugeführt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein innerer der mindestens zwei Regelkreise mit einem Stellbefehl (Δ) auf ein Stellglied (07) wirkt, und eine Ausgangsgröße ($d\theta_1$) des äußeren der mindestens zwei Regelkreise zur Bildung eines korrigierten Sollwertes ($\theta_{1,soll,k}$) für den inneren Regelkreis herangezogen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung des korrigierten Sollwertes ($\theta_{1,soll,k}$) für zumindest den inneren Regelkreis ein theoretischer Sollwert ($\theta'_{1,soll}$) herangezogen wird, welcher in einem Vorsteuerglied bzgl. des Wärmeffusses V_{WF} gebildet wird und zu erwartende Wärme- bzw. Kälteverluste auf der Regelstrecke (02) berücksichtigt.
8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung des korrigierten Sollwertes ($\theta_{1,soll,k}$) für zumindest den äußeren Regelkreis eine Vorsteuerung bzgl. der Laufzeit und/oder der Zeitkonstanten (V_{LZ}) erfolgt.
9. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung des korrigierten Sollwertes ($\theta_{1,soll,k}$) für die mindestens zwei Regelkreise eine Vorsteuerung bzgl. einer gezielten Amplitudenüberhöhung mittels eines Vorhaltgliedes (V_{VH}) erfolgt.
10. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung des korrigierten Sollwertes ($\theta_{1,soll,k}$) für zumindest den inneren Regelkreis eine Vorsteuerung bzgl. der Maschinendrehzahl (V_{DZ}) erfolgt.

11. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung des korrigierten Sollwertes ($\theta_{1,soll,k}$) für zumindest den inneren Regelkreis eine Vorsteuerung bzgl. einer Stellgliedcharakteristik mittels eines Anstiegsbegrenzers (V_{AB}) erfolgt.
12. Verfahren nach Anspruch 1 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur an einer ersten, einer zweiten und einer dritten Messstelle (M1; M2; M3; M4) ermittelt wird und jeweils einer von drei kaskadenartig miteinander verbundenen Regelkreisen der Regeleinrichtung (21) zugeführt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 3 und 12, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Messwert (θ_2) als Temperatur des Fluids unmittelbar vor Eintritt in das Bauteil (01) ermittelt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 3 und 12, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Messwert (θ_3) als Bauteiltemperatur ermittelt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 3 und 12, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Messwert (θ_4) als Temperatur des Fluids unmittelbar nach Austritt aus dem Bauteil (01) ermittelt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid zumindest teilweise in einem ersten Kreislauf umläuft und die Temperierung durch Zudosierung von Fluid aus einem zweiten Kreislauf über das als Ventil (07) ausgebildete Stellmittel (07) erfolgt.
17. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid in einem Kreislauf umläuft und die Temperierung durch ein Heiz- oder Kühlaggregat über das als Leistungssteuerung (07) ausgebildete Stellmittel (07) erfolgt.

- 31
18. Regeleinrichtung zur Temperierung eines Bauteiles (01) einer Maschine mittels einer Regeleinrichtung (21), dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (21) mindestens zwei kaskadenartig miteinander verbundene Regelkreise aufweist, welchen jeweils ein Messwert ($\theta_1; \theta_2; \theta_3; \theta_4$) von zwei auf einer Regelstrecke (02) angeordneten, voneinander beabstandeten Messstellen (M1; M2; M3; M4; M5) zugeführt ist.
 19. Regeleinrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ausgangssignal des inneren der mindestens zwei Regelkreise als Stellbefehl (Δ) auf ein Stellglied (07), und eine Ausgangsgröße ($d\theta_1$) des äußeren der mindestens zwei Regelkreise auf einen Eingang des inneren Regelkreises geführt ist.
 20. Regeleinrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest für den inneren Regelkreis ein Vorsteuerglied ($V_{WF,I}$) vorgesehen ist, mittels welchem in der Sollwertbildung ein die zu erwartenden Wärme- bzw. Kälteverluste auf der Regelstrecke (02) berücksichtigender theoretischer Sollwert ($\theta'_{1,soll}$) erzeugbar ist.
 21. Regeleinrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest für den äußeren Regelkreis ein Vorsteuerglied (V_{LZ}) vorgesehen ist, mittels welchem in der Sollwertbildung eine zu erwartende Laufzeit des Fluids und/oder eine Ersatzzeitkonstante (V_{LZ}) berücksichtigbar ist.
 22. Regeleinrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass für die mindestens zwei Regelkreise je ein Vorhalteglied ($V_{VH,I}$) vorgesehen ist, mittels welchem in der Sollwertbildung eine gezielte Amplitudenüberhöhung erzeugbar ist.
 23. Regeleinrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest für den inneren Regelkreis ein Vorsteuerglied (V_{DZ}) vorgesehen ist, mittels welchem in

der Sollwertbildung eine Maschinendrehzahl berücksichtigbar ist.

24. Regeleinrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest für den inneren Regelkreis ein Vorsteuerglied (V_{AB}) in der Art eines Anstiegsbegrenzers vorgesehen ist, mittels welchem in der Sollwertbildung eine Stellgliedcharakteristik berücksichtigbar ist.
25. Regeleinrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (21) drei kaskadenartig miteinander verbundene Regelkreise aufweist, welchen jeweils ein Messwert ($\theta_1; \theta_2; \theta_3; \theta_4; \theta_5$) von drei auf einer Regelstrecke (02) angeordneten, voneinander beabstandeten Messstellen (M1; M2; M3; M4; M5) zugeführt ist.
26. Regeleinrichtung nach Anspruch 18 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelkreise als PI-Regler ausgeführte Regler (R1; R2; R3) aufweisen.
27. Regeleinrichtung nach Anspruch 18 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der Regelkreise einen als laufzeitbasierten Regler ausgeführten Regler (R1; R2; R3) aufweist.
28. Vorrichtung zur Temperierung eines Bauteiles (01) einer Maschine mittels eines Fluids, dessen Temperatur an einer Einspeisestelle (16) veränderbar ist, und welches entlang einer der Einspeisestelle (16) nachgeordneten Zuflussstrecke (12) dem Bauteil (01) zuführbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Weg von der Einspeisestelle (16) bis einschließlich dem Bauteil (01) mindesten zwei Messstellen (M1; M2; M3) angeordnet sind, und dass eine erste der Messstellen (M1) einspeisstellennah, und eine zweite der Messstellen (M2; M3) bauteilnah angeordnet ist.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass Messwerte ($\theta_1; \theta_2; \theta_3$) der beiden Messstellen (M1; M2) einer gemeinsamen Regeleinrichtung (21) zugeführt sind.
30. Vorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (21) gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 18 bis 25 ausgeführt ist.
31. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Messstelle (M1) bezüglich einer Laufzeit des Fluids maximal 2 Sekunden von der Einspritzstelle 16 entfernt angeordnet ist.
32. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Messstelle (M2) bezüglich einer Laufzeit des Fluids weiter entfernt als auf halber Strecke von der Einspritzstelle (16) bis zum Zielort (22) angeordnet ist.
33. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass eine dritte Messstelle (M3) zur Ermittlung der Bauteiltemperatur vorgesehen ist, deren Messwert einer Regeleinrichtung (21) gemäß Anspruch 25 zugeführt wird.
34. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Messstelle (M1) zwischen der Einspritzstelle (16) und einer Pumpe (17) angeordnet ist.
35. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Einspritzstelle (16) und erster Messstelle (M1) eine Verwirbelungskammer (17) angeordnet ist.
36. Verfahren zur Temperierung nach Anspruch 1 oder 4, Regeleinrichtung nach Anspruch 18 oder Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil (01) als Walze (01) oder Zylinder (01) einer Druckmaschine ausgeführt

ist.

37. Verfahren zur Temperierung nach Anspruch 1 oder 4, Regeleinrichtung nach Anspruch 18 oder Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil (01) als Walze (01) oder Zylinder (01) eines feuchtmittelfreien Offsetdruckwerkes ausgeführt ist.



Fig. 1

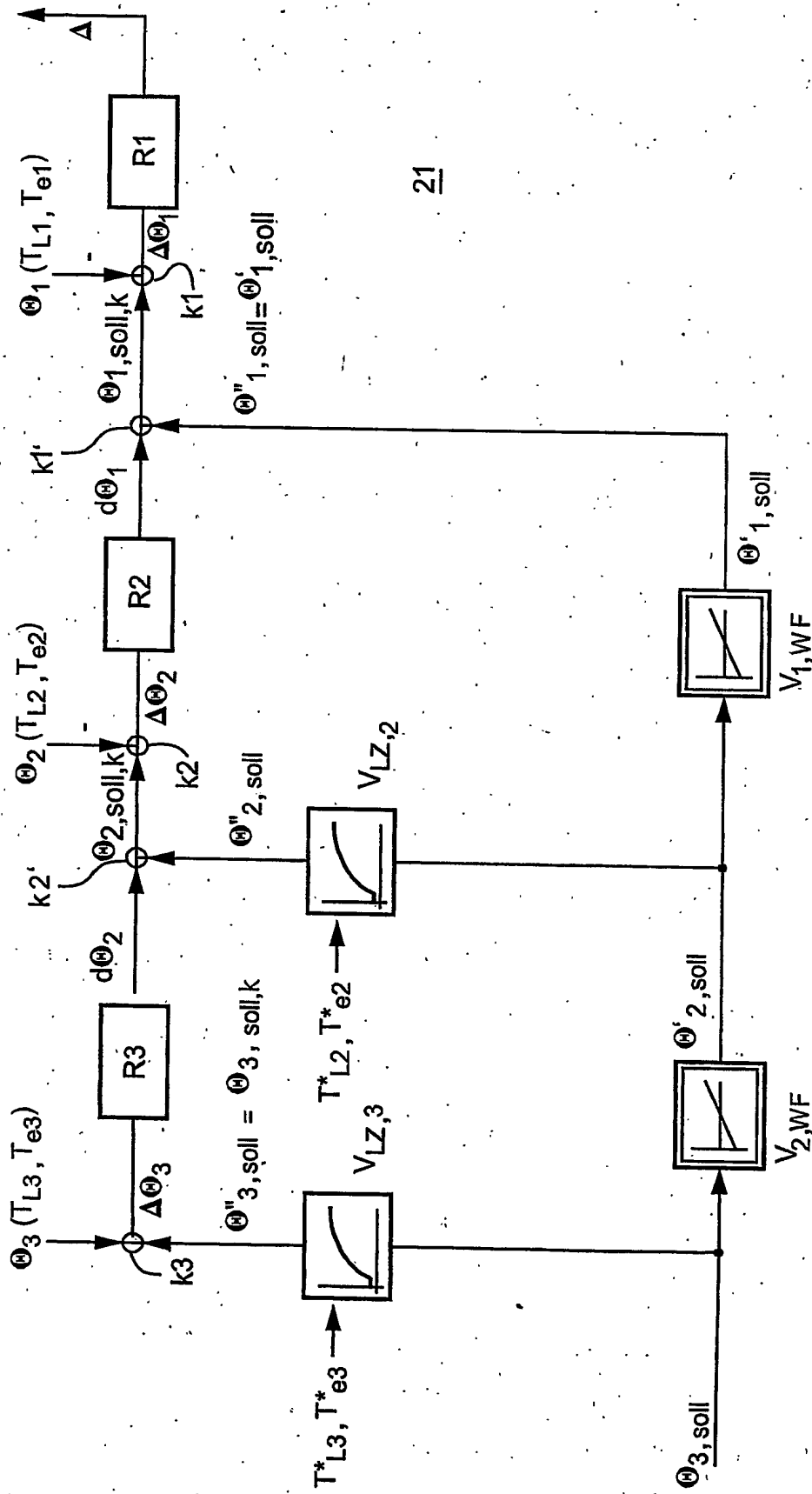


Fig. 2

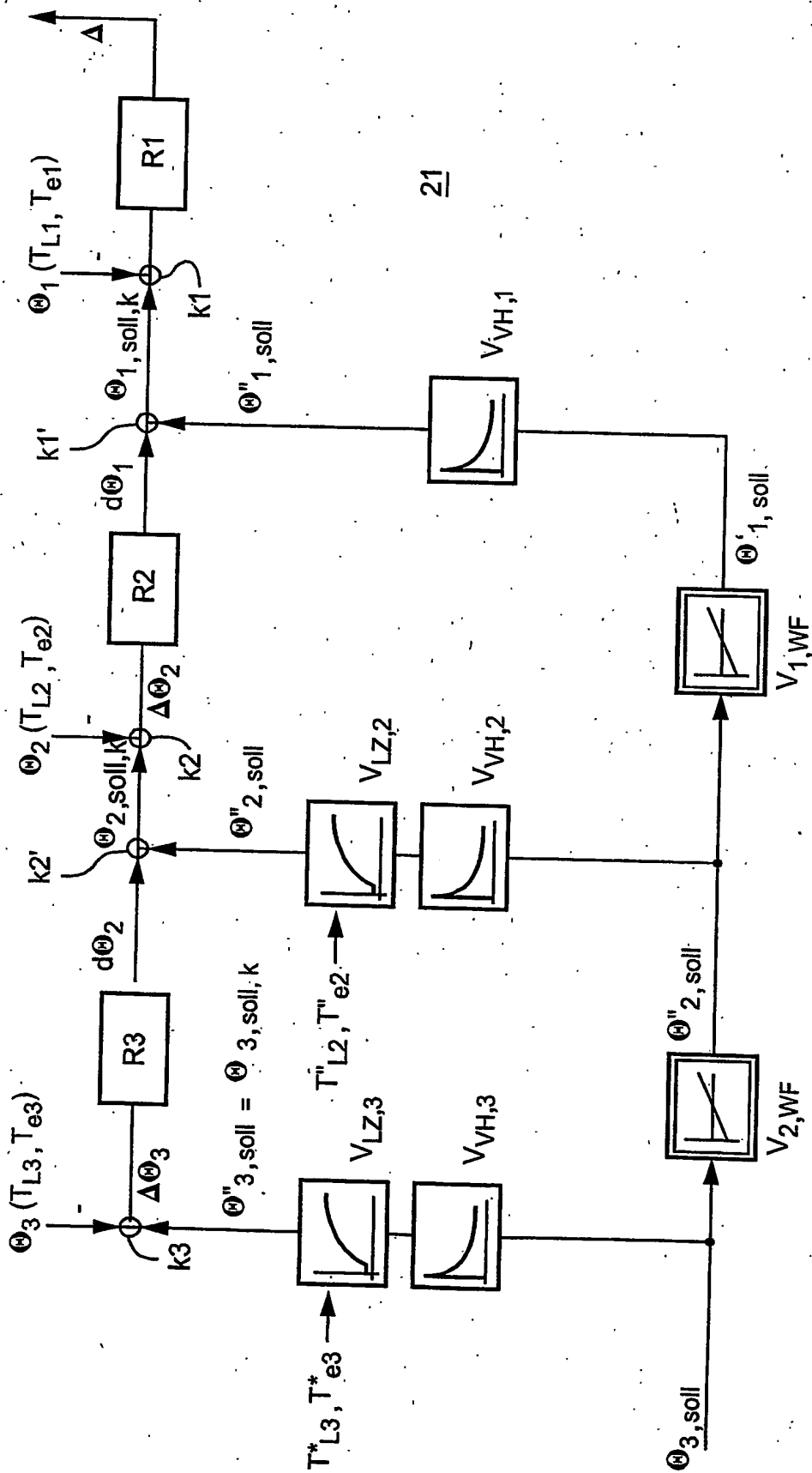


Fig. 3

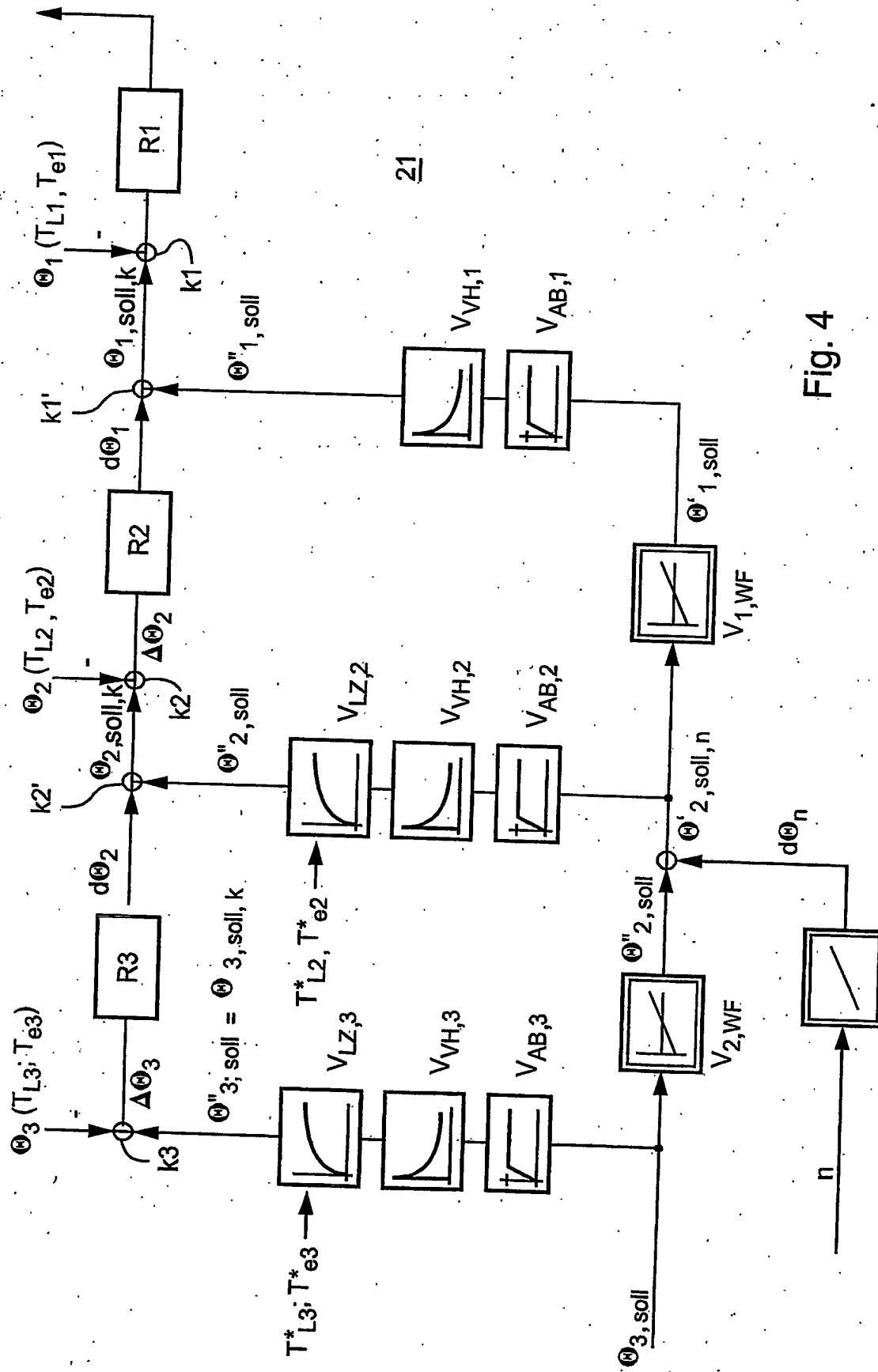


Fig. 4

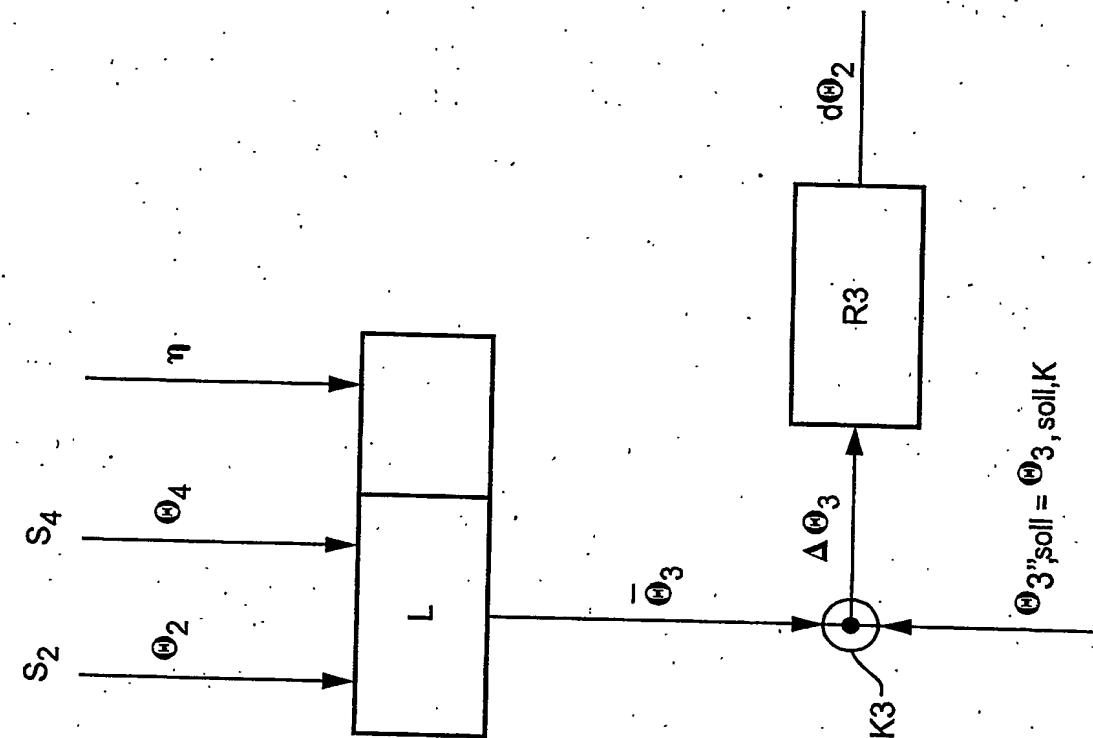


Fig. 6

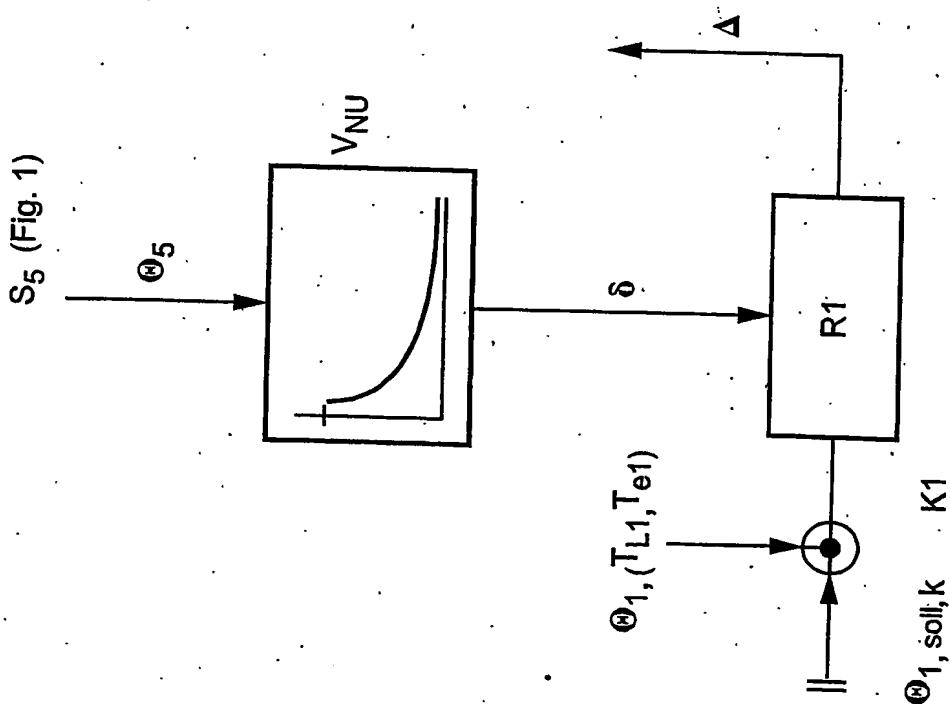


Fig. 5

R2, R3

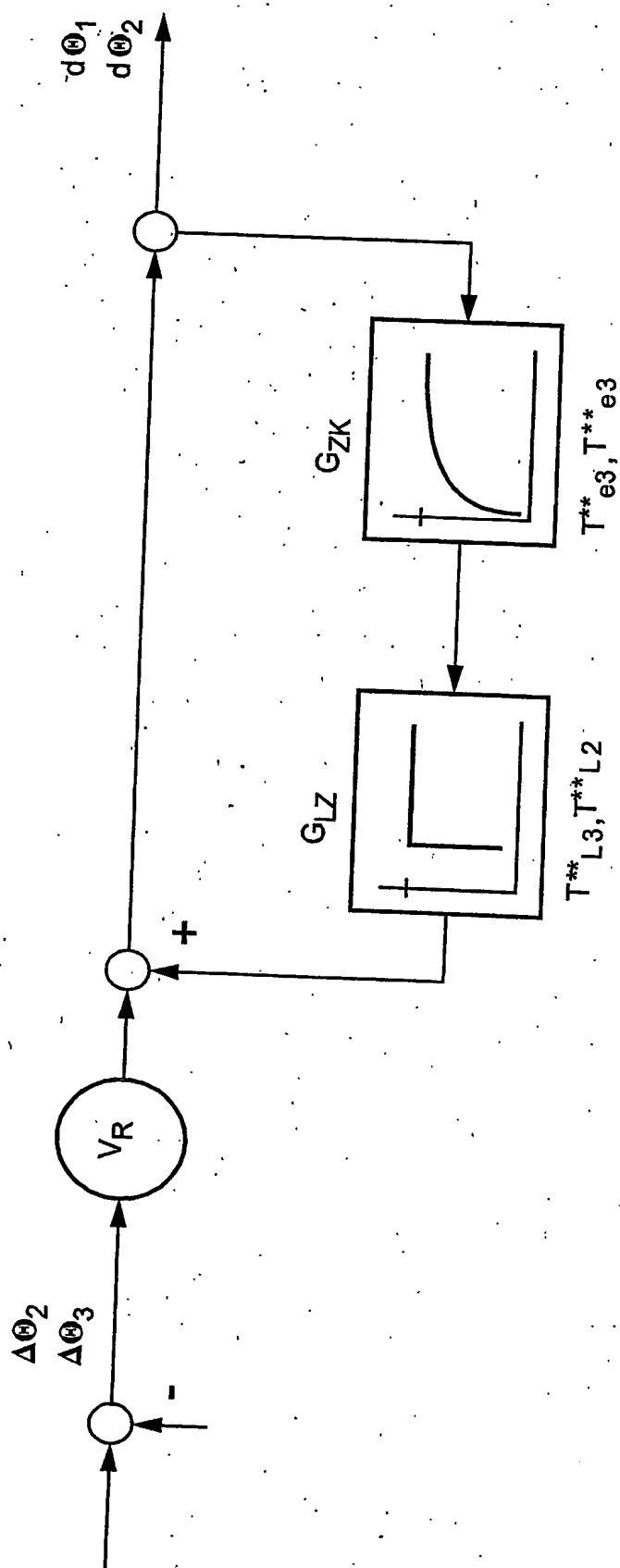


Fig. 7

4c

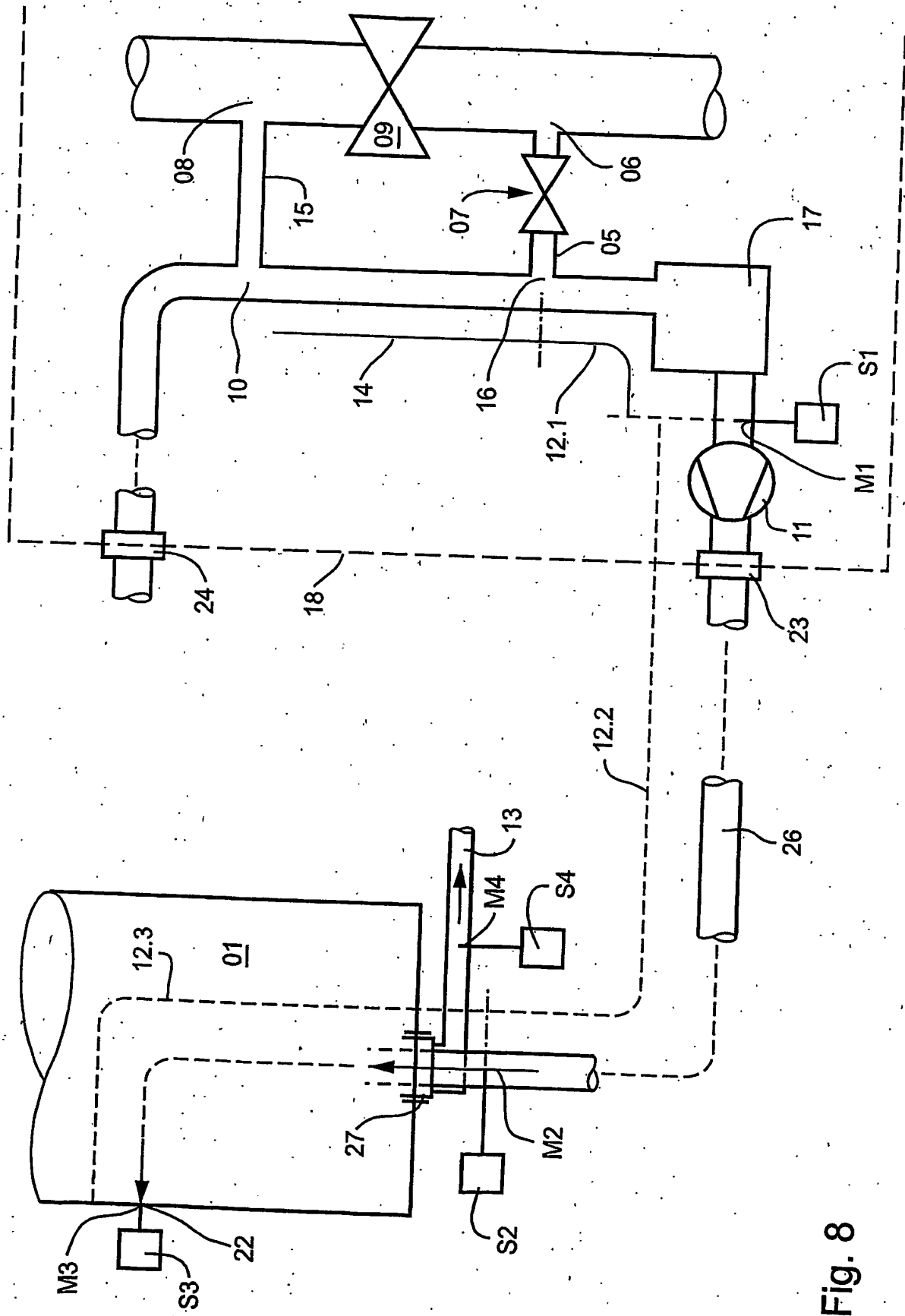


Fig. 8

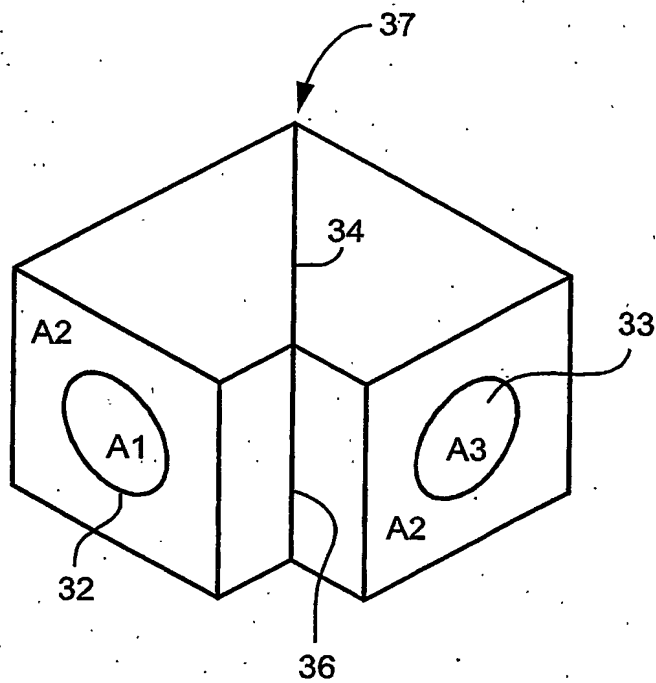


Fig. 10

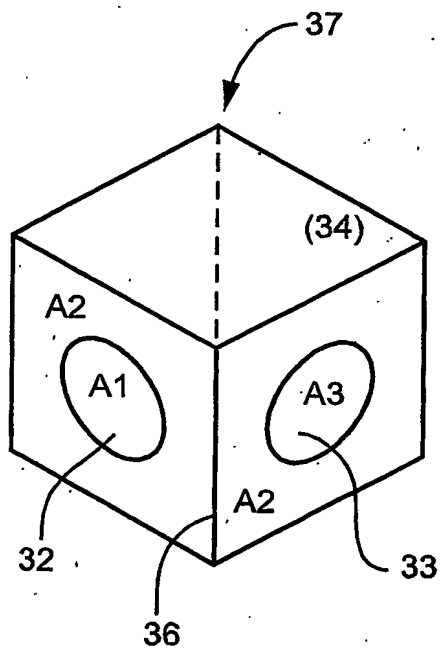


Fig. 11